

衛星通信周波数帯分波器の研究

著者	進藤 秀一
号	558
発行年	1981
URL	http://hdl.handle.net/10097/11507

氏 名	しん 進 藤 秀 一
授 与 学 位	工 学 博 士
授 位 授 与 年 月 日	昭 和 56 年 6 月 10 日
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項
最 終 学 歴	昭 和 46 年 3 月 東北大学大学院工学研究科 電気及通信工学専攻修士課程修了
学 位 論 文 題 目	衛星通信周波数帯分波器の研究
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 虫 明 康 人 東北大学教授 西 田 茂 穂 東北大学教授 柴 田 幸 男 東北大学教授 安 達 三 郎

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 言

本研究は衛星通信周波数帯の分波器について、準ミリ波帯を中心に検討したものである。マイクロ波帯（4/6 GHz 帯）と準ミリ波帯（20/30 GHz 帯）を共用する衛星通信地球局の分波装置は、非常に広帯域な特性が要求され、従来の地上無線方式とは異なる分波器の開発が必要である。ここでは、まずマイクロ波帯と準ミリ波帯を分波し、その後マイクロ波帯、準ミリ波帯でそれぞれ分波する方式で必要となるそれぞれの分波器を提案し、その設計法、特性等を明らかにする。また、分波器の小型・経済化をめざした集積化の検討について述べる。

第 2 章 整合層付き多層誘電体板フィルタ

マイクロ波帯と準ミリ波帯を分波する分波器として、多層誘電体板フィルタを用いることを考え、通過帯域の特性改善のために、図 1 に示すように 2 層から成る整合層を設けることを提案し、その設計法を明らかにした。この整合層は反射帯域には

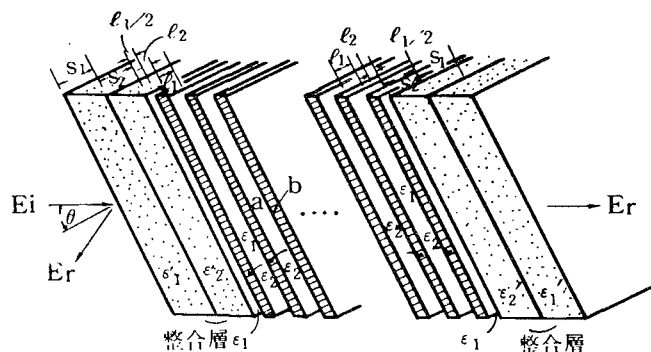


図 1 整合層付き多層誘電体板フィルタ

ほとんど影響なく、通過損失を 1.0～1.5 dB 改善できることを確認した。さらに、将来同一周波数帯で直交偏波を利用することが考えられるので、多層誘電体板フィルタの入射角、比誘電率と偏波特性の関係を求め、偏波を共用するための条件を明らかにした。

第 3 章 偏波弁別機能を有する正方形導波管形送受分波器

準ミリ波帯の送信 30 GHz 帯と受信 20 GHz 帯を分波する送受分波器として、図 2(a)に示すような正方形導波管の上下左右に方形の副導波管を設けたハイブリッドを用いた正方形導波管形送受分波器を提案した。このハイブリッドでは垂直偏波の場合上下の副導波管と、水平偏波の場合左右の副導波管と結合するが、たとえば垂直偏波の時、主導波管では左右の壁面に結合孔があるのに対し、副導波管には存在しないので、主副導波管で伝搬定数の違いを生ずる。そこで、図 2(b)のように副導波管にも結合孔を設け、伝搬定数を一致させるようにした位相補償形ハイブリッドを考案した。このハイブリッド 2 個とカットオフフィルタを組み合わせた送受分波器の分波損失は図 3 に示すように、20 GHz 帯で 0.75 dB 以下、30 GHz 帯で 0.7 dB 以下であり、また、直交偏波の交差偏波識別度は 20 GHz 帯、30 GHz 帯でそれぞれ 45 dB 以上、50 dB 以上と非常に良好な特性が得られ、本分波器が低損失で、かつ良好な偏波弁別機能を有することを明らかにした。

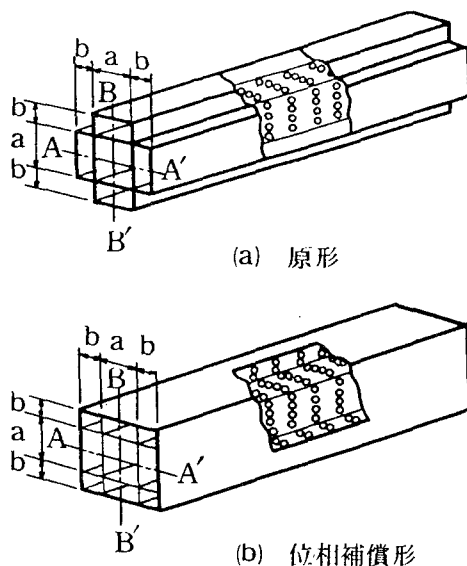


図 2 正方形導波管形ハイブリッド

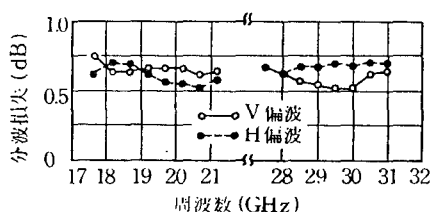


図 3 送受分波器の分波損失

第 4 章 4 周波数帯共用地球局分波装置

第 2 章および第 3 章で述べた多層誘電体フィルタおよび正方形導波管形送受分波器を組み合わせた 4 周波数帯共用の分波装置について、その特性を明らかにした。4 周波数帯を共用する分波装置としては、導波管のカットオフを利用し、マイクロ波帯結合器にワッフルアイアン形低域通過フィルタを付加したものがあるが、この分波器で得られる準ミリ波帯の使用帯域は 500 MHz である。本分波装置では、まず多層誘電体板フィルタを用いてマイクロ波帯と準ミリ波帯を分波するので準ミリ波帯の広帯域化が可能となる。表 1 は従来の分波装置と本分波装置の特性を比較したものであるが、広帯域化とともに低損失化が図られている。とくに、偏波を共用する場合の多層誘電体板フィルタの偏波特性をある程度補償でき、偏波共用の可能性をあることを明らかにした。

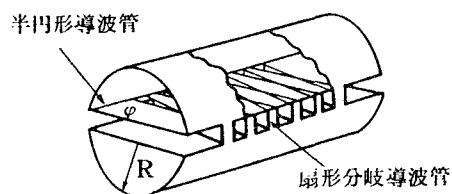
表1 4周波数帯共用分波装置の特性比較

分波装置	多層誘電体板分波装置								導波管形分波装置			
使用偏波	2偏波共用				片偏波のみ				片偏波のみ			
周波数帯 (GHz)	4	6	20	30	4	6	20	30	4	6	20	30
使用帯域 (GHz)	0.5	0.5	3.5	3.5	0.5	0.5	3.5	3.5	0.5	0.5	0.5	0.5
分波損失 (dB)	0.94	0.80	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.6	0.67	0.45	1.5	2.3
V SWR	1.1	1.2	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.41	1.3	1.24
楕円偏波率 (dB)	0.70	0.75	2.1	2.0	0.70	0.75	2.1	2.0	2.4	3.6	2.2	2.2

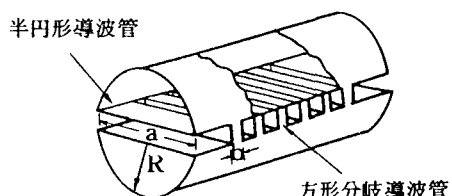
第5章 半円形TE₀₁モード導波管を用いた分岐形帯域分割用分波器

衛星通信地球局では送信30GHzで1チャンネル当たり300Wの大電力を送信する。そのため送信機が大きく、チャンネル分波器の配置間隔が長くなる。そのためチャンネル分波器は低損失で断面積を大きくできる半円形TE₀₁モード導波管形を用いることを考え、その時必要となる帯域分割用分波器について、小型・低損失化を目的に半円形導波管分岐形方向性結合器を用いることを提案した。本結合器は図4に示すように、2つの半円形導波管を扇形あるいは方形の分岐導波管で結合させたものである。これら2つの結合器について理論的・実験的検討を行い、その設計法を確立し設計曲線を得た。

方形分岐導波管形結合器を用いた帯域分割用分波器は、分波損失0.5dB以下であり、大きさは従来のマルチホール形に比べ2/3程度であることを明らかにした。



(a) 扇形分岐導波管形



(b) 方形分岐導波管形

図4 半円形導波管分岐形
方向性結合器

第 6 章 分波器の集積化

将来の衛星通信回線は多数の小型地球局を用いて、端末-端末間の回線として利用されると考えられる。このため、地球局のアンテナ分波系の小型・経済化が重要となる。ここでは分波器の集積化を図るため、図 5 に示すような誘電体イメージ線路について基本特性を明らかにし、低損失な E_{11}^x モードを利用することを提案した。基本モードである E_{11}^y モードは熱損失に関係する導体板上での磁界成分が H_z と H_x であるのに対し、 E_{11}^x モードのそれは H_z のみである。したがって、図 6 に示すように E_{11}^x モードは非常に低損失である。

この低損失な E_{11}^x モードを用いてチャネル分波器を設計した。分波器は小型で低損失な特性を有し、地球局分波器の集積化に有効であることを明らかにした。

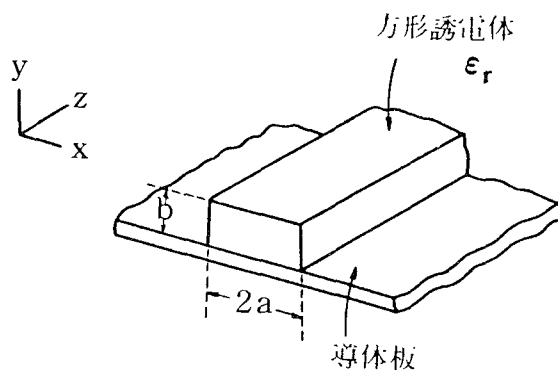


図 5 誘電体イメージ線路

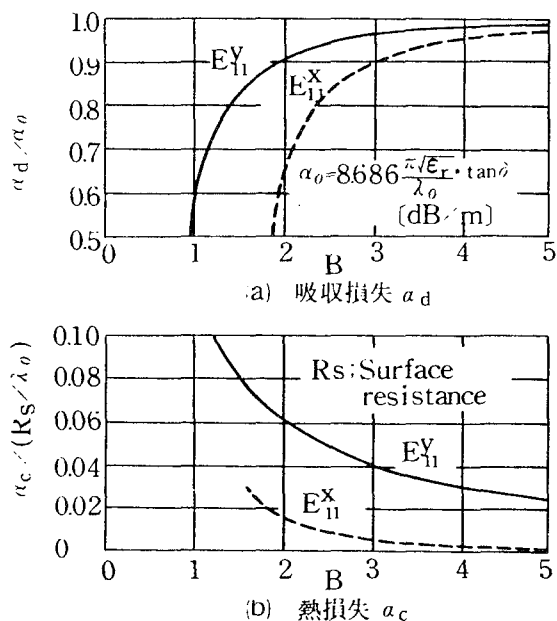


図 6 E_{11}^y モード、 E_{11}^x モードの伝送損失 (計算値)

第 7 章 結 言

国内衛星通信ではマイクロ波帯と準ミリ波帯を用いるが、これらを 1 つの地球局アンテナで共用する場合の地球局分波装置について検討した。この中で、とくに準ミリ波帯の 20, 30 GHz 帯でそれぞれ 3.5 GHz の帯域を確保すること、また、各周波数帯で直交 2 偏波を共用できることを目標に、新しい構成法を提案し特性を確認した。これにより、広帯域かつ低損失で直交 2 偏波を共用できる地球局分波装置が実現できることを明らかにした。

審 査 結 果 の 要 旨

衛星通信には、電離層その他による電波の減衰や他の通信系との相互干渉を避けるため、主としてマイクロ波が使用されているが、通信容量の増大に伴い、従来のマイクロ波通信系に比べてはるかに広い範囲の周波数帯が使用されるようになって来ている。

本論文は、この様な広帯域の衛星通信系に使用される各種分波器について、種々の新しい提案を行いつつ研究を続けて得られた成果をまとめたもので、全文7章よりなる。

第1章は緒言である。

第2章では、準ミリ波帯とそれより長い波長帯とを分離する分波器として、多層誘電体板フィルタを用いることを提案し、その特性の改善方法と設計法について述べている。この研究により、分波器の通過損失が軽減され、直交2偏波共用のための条件が明らかにされたことは優れた成果である。

第3章では、送受分波器について述べている。著者は、正方形導波管に副導波管を結合させた形の分波器を提案し、さらに副導波管の位相補償を行う方法を考案して、低損失で偏波弁別度の優れた送受分波器を開発した。

第4章では、第2章と第3章の研究成果を組み合わせ、衛星通信用分波装置の試作研究を行った結果を述べている。著者の研究により、従来のものに比較して格段に広帯域でかつ低損失な4周波数帯共用分波装置が実現できたことは、高く評価されている。

第5章では、帯域分割用分波器について述べている。著者は、半円形 TE_{01} モード導波管を用いる新しい分波器を提案して試作研究を行い、従来のものに比べて大きさが約1/3で、しかも低損失な分波器の設計法を確立した。

第6章では、分波器の小形化を目指して E_{11}^x モードのイメージ線路を用いることを提案し、これに関する基礎研究により、これが分波器の集積化に有効であることを明らかにしている。

第7章は結言である。

以上要するに、本論文は衛星通信周波数帯において使用される各種分波器について幾つかの新しい提案を行い、基礎研究と実用化研究によって従来のものより各段に優れた性能を持つ各種分波器の設計法を示すと共に、有益な設計資料を与えたもので、通信工学に寄与するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。